مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۴، شماره ۱، سال ۱۳۹۷

بررسی امکان کشت زمستانه ارقام بهاره کلزا در منطقه معتدل سرد کرج در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل

Investigation of the Possibility of Winter Planting of Spring Oilseed Rape Cultivars in Cold-Temperate Karaj Region under Terminal Water Deficit Stress Conditions

نادیا صفوی‌فرد[۱]، حسین حیدری شریف‌آباد[۲]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳]، اسلام مجیدی‌هروان[۲] و جهانفر دانشیان[۳]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۲

چکیده

صفوی‌فرد، ن.، حیدری شریف‌آباد، ح.، شیرانی‌راد، ا.ح.، مجیدی‌هروان، ا. و دانشیان، ج. ۱۳۹۷. بررسی امکان کشت زمستانه ارقام بهاره کلزا در منطقه معتدل سرد کرج در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۴:** ۳۸-۲۳.

برای تأمین بخشی از روغن خوراکی و کنجاله مورد نیاز و همچنین جهت پایداری تولید غلات، ضروری است ارقام مناسب کلزا در جایگاه جدید کشت و تحت شرایط کم‌آبی در ایران تعیین شوند. به این منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۳) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. تاریخ‌های کاشت شامل کشت پاییزه (۱۵ مهر) و کشت زمستانه (۱۵ بهمن) و رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی به‌صورت فاکتوریل به عنوان عامل اصلی و پنج رقم بهاره کلزا (ساری‌گل، دلگان، جاکومو، جرومه و هایولا ۴۰۱) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری × رقم بر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در تاریخ کشت زمستانه و در شرایط آبیاری معمول، ارقام دلگان، هایولا ۴۰۱ و جرومه با بالاترین کارایی مصرف آب (به‌ترتیب ۰/۹۵۳، ۰/۸۸۷ و ۰/۸۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و عملکرد دانه بالای ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار قابلیت توسعه در جایگاه جدید کشت زمستانه را داشتند. همچنین در تاریخ کشت زمستانه و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه با کارایی مصرف آب به‌ترتیب ۰/۹۳۰ و ۰/۸۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب و عملکرد دانه بالای ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط کم‌آبی آخر فصل نیز قابل توصیه بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، تنش خشکی، عملکرد دانه، عملکرد روغن، تاریخ کاشت، کارایی مصرف آب.

نویسنده مسئول: shirani.rad@gmail.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۱۱۰۴

مقدمه

کلزا با داشتن تیپ‌های رشدی بهاره و پاییزه، در برابر شرایط محیطی متفاوت توانایی سازگاری بالایی دارد (Hejazi, 2000). با توجه به این‌که در برخی مناطق سرد و معتدل سرد کشور، کشاورزان به دلایل مختلف موفق به انجام کشت به‌موقع نمی‌شوند، ضروری است جایگاه جدید کشت در این مناطق تعیین شود. بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های کلزا که در کشت زمستانه پایداری عملکرد بالاتری دارند، تأثیر به‌سزایی در توسعه کشت این محصول در کشور خواهد داشت (به‌ویژه در مناطقی که برداشت زراعت‌های بهاره دیر انجام می‌شود). همچنین معرفی ژنوتیپ‌های مناسب در جایگاه جدید کشت، در گسترش سطح زیر کشت کلزا در مناطقی که آبیاری‌های آخر کشت‌های بهاره با آبیاری‌های اول کشت به‌موقع کلزا در پاییز تداخل پیدا می‌کند، بسیار مؤثر است؛ زیرا سبب می‌شود که کشت کلزا و آبیاری‌های اولیه آن در زمانی انجام شود که آبیاری‌های آخر زراعت‌های بهاره پایان یافته است. همچنین جهت توسعه پایدار کشت این محصول همراه با افزایش تولید در واحد سطح باید به عامل اساسی محدودیت زمانی کشت توجه ویژه داشت تا بتوان با ارائه راهکارهای مناسب نظیر انتخاب ژنوتیپ‌های دارای واکنش مطلوب در جایگاه جدید، از قید و بند محدود شدن به یک دوره زمانی پانزده تا بیست روزه در مناطق معتدل سرد برای کشت کلزا رها شد. گزینش ارقام کلزا بر اساس عملکرد روغن بالا در مرتبه نخست و همچنین دارا بودن برخی صفات مطلوب به‌ویژه زودرسی، عملکرد دانه بالا و تحمل بالا به تنش‌های زیستی و غیرزیستی سبب توسعه کشت کلزا خواهد شد (Hu *et al.*, 2016).

یکی از عوامل مهم که توسعه و کشت موفقیت‌آمیز کلزا را در کشور به مخاطره می‌اندازد، تنش خشکی است (Rashidi *et al.*, 2012). مطابق آمار هواشناسی ده ساله در ماه‌های اسفند و فروردین، بارندگی‌های نسبتاً خوبی در منطقه کرج انجام می‌شود که تا حدودی نیاز آبی کلزا در مرحله ساقه‌دهی را فراهم می‌کند. بنابراین با قطع آبیاری‌های آخر فصل کلزا (مراحل گل‌دهی، خورجین‌دهی و پرشدن دانه) که با آبیاری‌های اولیه در زراعت‌های بهاره نیز مصادف است و کشاورزان عمدتاً در این مراحل، آب کافی جهت اختصاص به هردو زراعت ندارند، می‌توان سبب دو تا سه نوبت صرفه‌جویی در آبیاری نسبت به شرایط معمول شد.

شناخت بهتر سازوکارهای تحمل به تنش خشکی برای بهبود عملکرد گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است (Jongrungklang *et al.*, 2013). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دست‌یابی به ارقامی که در شرایط محدودیت آب تحمل بیشتر و کاهش عملکرد کمتری داشته‌اند، بسیار مهم است. به‌طوری‌که می‌توان از اتلاف منابع آب

جلوگیری کرد و در عین حال در شرایط محدودیت آب عملکرد مطلوبی به دست آورد (Salemi and Afuni., 2005). کارایی مصرف آب به مقدار محصول در قطعه مزرعه‌ای گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب آبیاری مصرف‌شده در آن مزرعه به دست می‌آید و معمولاً به کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود (Seckler *et al*., 2006).

کارایی مصرف آب گیاهان زراعی بسته به تغییر شرایط آب و هوایی در سال‌ها و مناطق مختلف از لحاظ تأثیر آن‌ها بر تبخیر و تعرق و طول دوره فصل رشد تأثیر می‌پذیرد (Bessembinder *et al*., 2005). هدف از کاربرد کارایی مصرف آب فراهم کردن معیاری کمی برای مقایسه بین سیستم‌های مصرف‌کننده آب در زمان‌ها و مکان‌های مختلف است (Turral *et al*., 2006).

به‌منظور تأمین بخشی از روغن خوراکی و کنجاله مورد نیاز کشور ضروری است به توسعه کشت کلزا توجه شود. بنابراین لازم است ارقام دارای عملکرد اقتصادی قابل قبول و مناسب برای شرایط کم‌آبی و کشت زمستانه معرفی و شناسایی شوند تا به توسعه کشت کلزا در اقلیم معتدل سرد کرج و مناطق مشابه کمک نمایند.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی امکان کشت زمستانه ارقام بهاره کلزا در منطقه معتدل سرد کرج در شرایط تنش کم‌آبی آخر فصل، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ´۶ و °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ´۴۹ و °۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس میانگین داده‌های سی ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بود و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار انجام شده است.

در این تحقیق تاریخ کاشت و آبیاری به صورت فاکتوریل به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. تاریخ‌های کاشت پاییزه (پانزدهم مهر) و زمستانه (پانزدهم بهمن) به همراه رژیم‌های آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی به بعد مورد بررسی قرار گرفت. ارقام بهاره کلزا شامل ساری‌گل (متوسط‌رس)، دلگان (زودرس)، جاکومو (دیررس)، جرومه (دیررس) و هایولا ۴۰۱ (زودرس) به عنوان عامل فرعی منظور شدند.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر با فاصله بین خطوط سی سانتی‌متر بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت پنج سانتی‌متر بود. کودهای مصرفی بر اساس آزمون خاک مصرف شد. همزمان با آماده‌سازی بستر بذر پنجاه کیلوگرم

در هکتار فسفات آمونیوم و صد و پنجاه کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت پایه به خاک اضافه شد. علاوه بر این در مرحله سه برگی صد کیلوگرم، ساقه‌دهی صد و پنجاه کیلوگرم و غنچه‌دهی صد کیلوگرم در هکتار اوره به صورت سرک مصرف شد.

کلیه عملیات مربوط به داشت به جز آبیاری به صورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. دور آبیاری بر اساس هشتاد میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تنظیم شد و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری هشتاد درصد آب تبخیر شده بود. میزان آب ورودی به کرت‌های آزمایشی با کنتور اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شاهد و قطع آبیاری از مراحل خورجین‌دهی و گل‌دهی در کشت پاییزه به ترتیب ۸، ۶ و ۵ مرتبه و در کشت زمستانه به ترتیب ۶، ۴ و ۳ مرتبه بود. همچنین میزان آب مصرفی در تیمارهای مذکور در کشت پاییزه به ترتیب ۵۱۲۰، ۳۸۴۰ و ۳۲۰۰ مترمکعب در هکتار و در کشت زمستانه به ترتیب ۳۸۴۰، ۲۵۶۰ و ۱۹۲۰ مترمکعب در هکتار بود.

با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ده بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت چهار و هشت‌دهم مترمربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف‌بر و با ترازوی دقیق توزین و محاسبه شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر وزن ماده خشک برحسب درصد به دست آمد.

برای محاسبه کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه، از معادله زیر استفاده شد:

$$WUE = Y/V$$

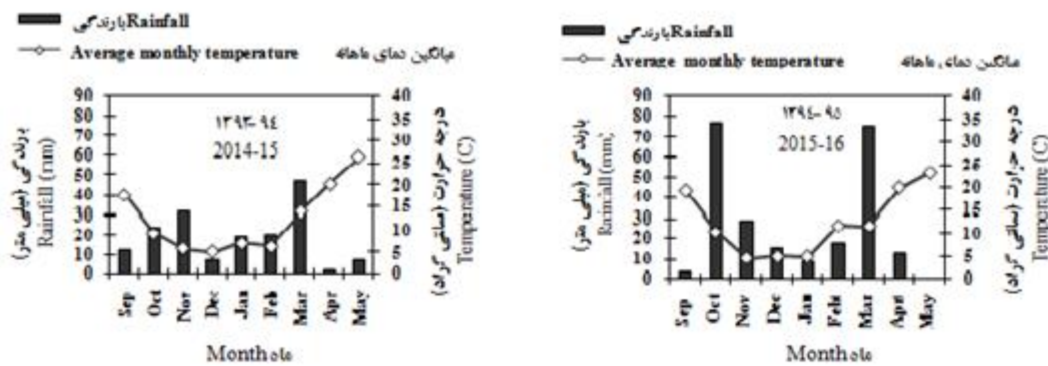
در این معادله WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و V مقدار کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) است.

عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه، بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی و بعد از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس‌های آزمایشی در هر سال، کلیه صفات به جز وزن هزار دانه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس مرکب شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. مقایسه میانگین اثرات متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان بارندگی و دمای میانگین محل آزمایش در دو سال زراعی در شکل ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲)



شکل ۱- تغییرات میانگین دما و بارندگی در ایستگاه هواشناسی کرج طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۳ (Anonymous, 2016)

Fig. 1. Variation of average temperature and rainfall in Karaj weather station during 2014-2016 growing seasons

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Physical and Chemical properties of soil in 0-30 and 30-60 cm depth at experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک (pH)	درصد کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب P ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K ($mgkg^{-1}$)	درصد شن Sand (%)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)
0-30	لومی-رسی Loam-Clay	7.9	0.91	1.45	0.09	14.7	197	25	28	47
30-60	لومی-رسی Loam - Clay	7.2	0.99	1.24	0.07	15.8	155	26	25	49

نشان داد که اثر سال تنها بر صفات تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر تاریخ کاشت بر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر آبیاری بر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و ارقام مورد بررسی از نظر کلیه صفات به جز شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند. اثر متقابل دوگانه تاریخ کاشت و آبیاری بر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه تاریخ کاشت و رقم بر صفت تعداد دانه در خورجین در سطح پنج درصد و بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دوگانه

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی و کارایی مصرف آب کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم

Table 2. Combined analysis of variance of agronomic traits and water use efficiency of oilseed rape as affected by planting date, irrigation and cultivar

			MS میانگین مربعات					
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per silique	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Year (Y)	سال	1	24204**	7.81^{ns}	6635520**	22.26^{ns}	1496045**	0.52812**
Rep (Y)	تکرار × سال	4	379	5.21	270853	9.77	83019	0.01874
Planting date (P)	تاریخ کاشت	1	112545**	1666.52**	119124059**	418.67**	25183664**	1.02906**
Y × P	سال × تاریخ کاشت	1	870^{ns}	0.22^{ns}	141568^{ns}	0.31^{ns}	17760^{ns}	0.00004^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	2	169285**	1975.77**	94478811**	466.34**	19554060**	1.00526**
Y × I	سال × آبیاری	2	1480**	5.44^{ns}	587779**	21.66^{ns}	162065**	0.01754^{ns}
P × I	تاریخ کاشت × آبیاری	2	7076**	75.19**	6252560**	61.67^{ns}	1464031**	0.24966**
Y × P × I	سال × تاریخ کاشت × آبیاری	2	52^{ns}	0.22^{ns}	584490**	18.78^{ns}	107501*	0.04460**
Error 1	خطای اول	20	215	2.04	87859	22.95	26642	0.00584
Cultivar (C)	رقم	4	3290**	35.62**	1909234**	6.50^{ns}	406402**	0.18277**
Y × C	سال × رقم	4	35^{ns}	0.50^{ns}	8952.6^{ns}	2.49^{ns}	1723^{ns}	0.00120^{ns}
P × C	تاریخ کاشت × رقم	4	30^{ns}	0.27*	1857914**	196.13**	337618**	0.21195**
Y × P × C	سال × تاریخ کاشت × رقم	4	17^{ns}	0.02^{ns}	6070^{ns}	1.27^{ns}	1372^{ns}	0.00054^{ns}
I × C	آبیاری × رقم	8	2597**	28.96**	409536**	69.37**	945758**	0.04171**
Y × I × C	سال × آبیاری × رقم	8	56^{ns}	0.25^{ns}	37094^{ns}	1.77^{ns}	5735^{ns}	0.00253^{ns}
P × I × C	تاریخ کاشت × آبیاری × رقم	8	48**	0.64**	397121**	45.01**	717862**	0.04846**
Y × P × I × C	سال × تاریخ کاشت × آبیاری × رقم	8	7^{ns}	0.01^{ns}	26818^{ns}	2.49^{ns}	3831^{ns}	0.00201^{ns}
Error 2	خطای دوم	96	42	0.49	39485	3.00	7854	0.00299
CV (%)	درصد ضریب تغییرات		5.2	4.4	6.7	6.7	7.0	6.6

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

آبیاری و رقم بر کلیه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سه‌گانه تاریخ کاشت، آبیاری و رقم نیز بر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه تاریخ کاشت و آبیاری بر صفات زراعی و کارایی مصرف آب کلزا در جدول ۳ و اثر متقابل آبیاری و رقم در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به جدول ۲ و معنی‌دار شدن اثر متقابل سه‌گانه تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر تمام صفات مورد بررسی (به جز وزن هزار دانه) به بحث در مورد این تأثیر پرداخته می‌شود.

در هر دو سال زراعی در تیمارهای قطع آبیاری از خورجین‌دهی و گل‌دهی بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب در ارقام دلگان و هایولا ۴۰۱ مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به مصادف شدن مراحل پایانی رشد به‌ویژه مرحله پر شدن دانه در هر دو تاریخ کاشت (خصوصاً تاریخ کاشت زمستانه) با درجه حرارت‌های بالا و بادهای گرم و خشک، در رقم آزاد گرده‌افشان و زودرس دلگان و هیبرید زودرس هایولا ۴۰۱، مراحل پایانی رشد به‌ویژه دوره پر شدن دانه در دماهای پایین‌تر و شرایط مساعدتری انجام شد و این موضوع باعث افزایش وزن هزار دانه شد. یکی از دلایل کاهش وزن هزار دانه در اثر تأخیر کاشت (جدول ۵)، افزایش دما در طول دوره پر شدن دانه است (Robertson *et al*., 2004).

در بین اجزای عملکرد دانه کلزا، تعداد خورجین در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد به تنش خشکی است (Ghobadi *et al*., 2006). در بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد خورجین در بوته در دو تاریخ کاشت در سطوح مختلف آبیاری وجود داشت، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت پاییزه (پانزدهم مهر) در بین سطوح مختلف آبیاری در شرایط آبیاری معمول، رقم دلگان و جرومه با میانگین ۲۳۹/۹ و ۲۳۱/۵ عدد، در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم دلگان با میانگین ۱۶۲/۷ عدد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۰۱ با میانگین ۱۰۶/۵ عدد، بیشترین تعداد خورجین در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). در تاریخ کاشت زمستانه (پانزدهم بهمن) در شرایط آبیاری معمول ارقام دلگان، جرومه و ساری‌گل به ترتیب با میانگین ۱۶۴/۴، ۱۵۸/۸ و ۱۴۸/۸ عدد، در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم دلگان با میانگین ۱۰۸/۵ عدد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۰۱ با میانگین ۷۲/۶ عدد، بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشتند (جدول ۶). در کشت پاییزه به‌دلیل این‌که مراحل گل‌دهی و نمو خورجین‌ها در شرایط مناسب محیطی همچون درجه حرارت و رطوبت مطلوب واقع شدند، تعداد گلچه بیشتری

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی و کارایی مصرف آب کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت × آبیاری

Table 3. Mean comparison of agronomic traits and water use efficiency of oilseed rape as affected by planting date × irrigation

تاریخ کاشت Planting date	آبیاری Irrigation	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per silique	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg ha^{-1})	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg m^{-3})
۱۵ مهر Oct. 7	شاهد Control	216	25	5298	2357	1.035
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	145	19	3786	1636	0.985
	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	89	12	2195	923	0.686
	LSD (0.05)	10.949	0.829	197.26	79.00	0.049
۱۵ بهمن Feb. 4	شاهد Control	144	17	3209	1369	0.836
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	96	13	1883	776	0.736
	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	60	8	1306	529	0.681
	LSD (0.05)	8.299	0.648	179.15	93.37	0.059

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی و کارایی مصرف آب کلزا تحت تأثیر آبیاری× رقم

Table 4. Mean comparison of agronomic traits and water use efficiency of oilseed rape as affected by irrigation × cultivar

آبیاری Irrigation	رقم Cultivar	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per silique	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg ha^{-1})	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg m^{-3})
شاهد Control	Sarigol	182	21	4168	27.3	1824	0.911
	Delgan	202	23	4708	29.3	2084	1.038
	Jacomo	158	20	3800	27.8	1642	0.835
	Jeromeh	195	22	4448	27.9	1968	0.974
	Hyola401	163	20	4140	29.4	1796	0.920
LSD (0.05)		15.9	0.9	336.35	1.9	171.09	0.079
قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	Sarigol	112	15	2605	24.3	1106	0.766
	Delgan	136	18	2864	22.1	1232	0.843
	Jacomo	104	14	2555	27.2	1077	0.794
	Jeromeh	122	16	3158	28.8	1343	0.966
	Hyola401	127	17	2991	27.2	1272	0.935
LSD (0.05)		13.6	0.5	412.85	3.3	172.45	0.125
قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	Sarigol	59	8	1461	23.8	601	0.553
	Delgan	63	8	1798	25.8	741	0.669
	Jacomo	7	10	1618	21.1	669b	0.648
	Jeromeh	85	11	1891	21.7	788	0.756
	Hyola401	89	12	1985	21.5	829	0.791
LSD (0.05)		6.7	0.5	213.20	3.2	95.35	0.090

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن هزار دانه کلزا تحت تأثیر آبیاری × رقم در سال‌های زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴

Table 5. Mean comparison of 1000-seed weight of oilseed rape as affected by irrigation × cultivar in 2014-2016 growing seasons

آبیاری Irrigation	رقم Cultivar	وزن هزار دانه (گرم) (سال زراعی ۹۴-۹۳) 1000-seed weight (g) (2014-15)	وزن هزار دانه (گرم) (سال زراعی ۹۵-۹۴) 1000-seed weight (g) (2015-16)
شاهد Control	Sarigol	3.90	4.32
	Delgan	4.18	4.70
	Jacomo	3.43	3.91
	Jeromeh	4.09	4.55
	Hyola401	3.54	4.02
LSD (0.05)		0.33	0.35
قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	Sarigol	2.59	3.15
	Delgan	3.07	3.55
	Jacomo	2.49	3.02
	Jeromeh	2.77	3.30
	Hyola401	2.87	3.41
LSD (0.05)		0.25	0.32
قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	Sarigol	1.92	2.24
	Delgan	2.00	2.33
	Jacomo	2.21	2.57
	Jeromeh	2.30	2.69
	Hyola401	2.35	2.79
LSD (0.05)		0.19	0.24

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات زراعی و کارایی مصرف آب کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت × آبیاری × رقم

Table 6. Mean comparison of agronomic traits and water use efficiency of oilseed rape as affected by planting date × irrigation × cultivar

تاریخ کاشت Planting date	آبیاری Irrigation	رقم Cultivar	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Seed per silique	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg ha^{-1})	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg m^{-3})
۱۵ مهر Oct. 7	شاهد Control	Sarigol	216.0	25.4	5372	27.5	2383	1.050
		Delgan	239.9	27.0	5760	27.3	2587	1.123
		Jacomo	193.7	23.7	4779	25.4	2096	0.935
		Jeromeh	231.5	26.5	5701	26.8	2565	1.116
		Hyola401	200.2	24.3	4876	25.3	2157	0.953
	LSD (0.05)		27.30	1.65	395.44	2.03	160.13	0.078
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	Sarigol	137.5	18.2	3856	27.6	1658	1.003
		Delgan	162.7	21.1	4247	26.4	1849	1.106
		Jacomo	127.7	16.8	3142	24.0	1352	0.818
		Jeromeh	145.4	19.0	4078	27.5	1764	1.060
		Hyola401	150.9	19.8	3605	23.3	1557	0.940
	LSD (0.05)		24.00	0.84	617.23	3.25	223.13	0.161
	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	Sarigol	70.23	9.3	1996	24.1	835	0.623
		Delgan	74.9	9.9	2586	26.4	1077	0.810
		Jacomo	90.4	12.0	1873	16.7	787	0.585
		Jeromeh	101.2	13.3	2195	17.6	930	0.686
		Hyola401	106.5	14.0	2327	17.5	988	0.726
	LSD (0.05)		10.87	0.89	221.22	2.05	102.25	0.069
۱۵ بهمن Feb. 4	شاهد Control	Sarigol	148.8	17.6	2963	28.1	1266	0.773
		Delgan	164.4	18.8	3657	32.3	1582	0.953
		Jacomo	122.0	15.5	2822	30.3	1188	0.735
		Jeromeh	158.8	18.3	3195	29.0	1372	0.831
		Hyola401	126.6	15.9	3405	33.4	1435	0.886
	LSD (0.05)		18.43	1.00	511.23	2.18	285.68	0.133
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Withholding irrigation from silique formation	Sarigol	86.7	11.4	1353	21.1	554	0.530
		Delgan	108.5	14.6	1482	18.8	616	0.580
		Jacomo	80.8	10.6	1967	30.3	803	0.770
		Jeromeh	99.0	13.0	2238	30.1	921	0.873
		Hyola401	103.3	13.6	2376	31.2	987	0.930
	LSD (0.05)		17.19	0.51	192.97	2.50	123.94	0.076
	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد Withholding irrigation from flowering stage	Sarigol	46.9	6.3	926	23.5	368	0.483
		Delgan	50.5	6.7	1011	23.3	405	0.528
		Jacomo	60.8	8.2	1364	25.4	551	0.711
		Jeromeh	68.7	9.1	1588	25.8	647	0.826
		Hyola401	72.6	9.6	1642	25.4	670	0.856
	LSD (0.05)		8.65	0.65	140.7	1.85	87.62	0.073

تبدیل به خورجین شد.

در بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در خورجین در دو تاریخ کاشت مورد مطالعه در سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد. در تاریخ کاشت پاییزه (پانزدهم مهر) در بین سطوح مختلف آبیاری در شرایط آبیاری معمول (شاهد) رقم دلگان با میانگین ۲۷/۰ عدد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم دلگان با میانگین ۲۱/۱ عدد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه با میانگین ۱۴/۰ و ۱۳/۳ عدد بیشترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

به علاوه در تاریخ کاشت زمستانه (پانزدهم بهمن) در شرایط آبیاری معمول (شاهد) رقم دلگان با میانگین ۱۸/۸ عدد، در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم دلگان با میانگین ۱۴/۶ عدد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه به ترتیب با میانگین ۹/۶ و ۹/۱ عدد بیشترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

قطع آبیاری از مرحله رشد زایشی سبب کاهش فتوسنتز و به دنبال آن تخصیص مواد فتوسنتزی کمتر به گل‌ها شد و این امر موجب کاهش تعداد گل‌های بارور شد. ادامه کمبود آب سبب کاهش تعداد دانه‌های تشکیل شده در هر خورجین شد. تأثیر سوء این کمبود آب در ارقام دلگان و جرومه کمتر از سایر ارقام مورد آزمون بود. در شرایط تنش تخصیص آسیمیلات به دانه‌ها کاهش یافته و تعدادی از دانه‌ها سقط می‌شوند (Fayaz *et al*, 2007).

ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری در دو تاریخ کاشت پاییزه و زمستانه داشتند (جدول ۶). در تاریخ کاشت پاییزه در تیمار آبیاری شاهد ارقام دلگان، جرومه و ساری‌گل به ترتیب با عملکرد دانه ۵۷۶۰، ۵۷۰۱ و ۵۳۷۲ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی ارقام دلگان، جرومه و ساری‌گل به ترتیب با عملکرد ۴۲۴۷، ۴۰۷۸ و ۳۸۵۶ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی رقم دلگان با عملکرد دانه ۲۵۸۶ کیلوگرم در هکتار برترین ارقام مورد بررسی بودند (جدول ۶). به علاوه در تاریخ کاشت زمستانه در تیمار آبیاری شاهد ارقام دلگان، هایولا ۴۰۱ و جرومه به‌ترتیب با ۳۶۵۷، ۳۴۰۵ و ۳۱۹۵ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه به ترتیب با ۲۳۷۶ و ۲۲۳۸ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه به ترتیب با ۱۶۴۲ و ۱۵۸۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۶).

با توجه به این‌که مراحل تشکیل و نمو خورجین‌ها در کلزا حساسیت بالایی به کمبود آب دارد، اعمال تنش در این مراحل به دلیل اثر نامناسب بر میزان جذب آسیمیلات‌ها موجب

کاهش عملکرد دانه شد.

در این رابطه گزارش شده است که تنش خشکی پس از مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه کلزا شد (Niknam *et al.*, 2003). بر این اساس در تاریخ کاشت زمستانه ارقام دلگان، هایولا ۴۰۱ و جرومه با عملکرد دانه بالای ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری نرمال و ارقام جرومه و هایولا ۴۰۱ با عملکرد دانه بالای ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط کم‌آبی آخر فصل قابلیت توسعه در جایگاه جدید کشت زمستانه را دارند.

در این بررسی در هر دو تاریخ کاشت پاییزه و زمستانه واکنش ارقام به سطوح مختلف آبیاری از نظر شاخص برداشت متفاوت بود (جدول ۶). به طوری‌که ارقام مورد بررسی در تاریخ کاشت پاییزه و آبیاری شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص برداشت نداشتند و بیشترین شاخص برداشت در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل خورجین‌دهی و گل‌دهی به ترتیب در ارقام ساری‌گل و دلگان مشاهده شد. این در حالی است که در تاریخ کاشت زمستانه بیشترین شاخص برداشت در کلیه تیمارهای آبیاری در رقم هایولا ۴۰۱ مشاهده شد (جدول ۶). گزارش شده است ارقامی که از شاخص برداشت بالایی برخوردارند، در شرایط تنش خشکی سهم بیشتری از فرآورده‌های فتوسنتزی را به دانه‌ها اختصاص داده و عملکرد بالاتری تولید می‌کنند (Valdiani *et al*, 2003). در این آزمایش نیز ارقام برتر از نظر شاخص برداشت (ارقام دلگان و هایولا ۴۰۱) از عملکرد دانه بالایی برخوردار بودند (جدول ۶). کاهش شاخص برداشت در برخی از ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها گزارش شده است (Jensen *et al*., 1996).

در تاریخ کاشت پاییزه در بین سطوح مختلف آبیاری، بیشترین عملکرد روغن در تیمار شاهد و در ارقام دلگان و جرومه مشاهده شد. تیمارهای قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد روغن شدند (جدول ۶). در تاریخ کاشت زمستانه بیشترین عملکرد روغن در تیمار آبیاری شاهد و در ارقام دلگان، هایولا ۴۰۱ و جرومه و در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل خورجین‌دهی و گل‌دهی در ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه مشاهده شد (جدول ۶). در پژوهشی مشاهده شد که عملکرد دانه و روغن کلزا با افزایش رطوبت پس از مرحله گرده‌افشانی افزایش یافت (Sinaki *et al*., 2007).

از نظر کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری در عکس‌العمل ارقام به سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد به‌طوری‌که در تاریخ کاشت پاییزه، بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری شاهد در ارقام دلگان، جرومه و ساری‌گل (به ترتیب ۱/۱۲۳، ۱/۱۱۶ و ۱/۰۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، در تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی در ارقام دلگان، جرومه و ساری‌گل (به ترتیب ۱/۱۰۶، ۱/۰۶۰ و

۱/۰۰ کیلوگرم بـر مترمکعـب) و در تیمـار قطع آبیـاری از گـل‌دهی در رقـم دلگـان بـه میـزان ۰/۸۱۰ کیلـوگرم بـر مترمکعـب بـه دسـت آمـد (جدول ۶). در تـاریخ کاشـت زمسـتانه بیشـترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیـاری شـاهد در ارقام دلگـان، هـایولا ۴۰۱ و جرومـه (بـه ترتیـب ۰/۹۵۳، ۰/۸۳۲ و ۰/۸۸۷ کیلـــــوگرم بـــــر مترمکعـــب)، در تیمـــار قطـــع آبیـــاری از خورجین‌دهی در ارقام هایولا ۴۰۱ و جرومه (بـه ترتیب ۰/۹۳۰ و ۰/۸۷۳ کیلوگرم بـر مترمکعـب) و در تیمار قطع آبیاری از گل‌دهی نیـز در ارقـام هایولا ۴۰۱ و جرومه (به ترتیب ۰/۸۵۶ و ۰/۸۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب) مشاهده شد (جدول ۶).

بر این اساس در تاریخ کاشـت زمسـتانه و در شرایط آبیاری نرمال، ارقام دلگان، هایولا ۴۰۱ و جرومـه بـا داشـتن عملکـرد دانـه بـالای ۳۰۰۰ کیلـوگرم در هکتـار قابلیـت توسـعه در جایگـاه جدید کشت زمسـتانه را دارنـد. حتـی در تـاریخ کشـــت زمســـتانه و قطـــع آبیـــاری از مرحلـــه خـــورجین‌دهی بـــه بعـــد دو رقـــم هـــایولا ۴۰۱ و جرومـــه بـــا عنایـــت بـــه عملکـــرد دانـــه بـــالای ۲۰۰۰ کیلـوگرم در هکتـار در شـرایط کـم‌آبـی آخر فصل نیز قابل توصیه هستند. علـت کـاهش کارایی مصرف آب در شرایط تنش به خاطر آن است که تنش خشکی در مراحل رشد زایشی به صـورت پیوسـته اعمـال شـده و گیـاه از مرحلـه تشکیل دانه تا مرحله رسیدگی با کم‌آبی مواجـه بـوده اسـت. ایـن امـر موجـب کـاهش شـدید عملکرد دانه شده و کارایی مصـرف آب را نیـز کاهش داده است.

References

Anonymous. 2016. Iran Meteorological Organization, Karaj station. Average temperature and precipitation data during 2014-2016 growing seasons.

Bessembinder, J. J. E., Leffelaar, P. A., Dhindwal, A. S., and Ponsioen, T. C. 2005. Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. Agricultural Water Management 73(2): 113-130.

Fayaz, F., Naderi Darbaghshahi, M. R., and Shirani Rad, A. H. 2007. Evaluation of drought stress effects on yield and yield components of advanced Rapeseed varieties at Esfahan region. New Finding in Agriculture 1(3): 177-189 (in Persian).

Ghobadi, M., Bakhshandeh, M., Fathi, G., Gharineh, M. H., Alami-Said, K., Naderi, A., and Ghobadi, M. E. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus* L.): Effect on Yield, Yield Components, Seed Oil and Protein Contents. Journal of Agronomy 5: 336-341.

Hejazi, A. A. 2000. Canola production (planting, husbandry and harvesting). Rozaneh Publications. 157 pp. (in Persian).

Hu, Q., Wei, H., Yin, Y., Zhang, X., Liu, L., Shi, J., Zhao, Y., Qin, L., Chen, C., and Hanzhong, W. 2016. Rapeseed research and production in China. The Crop Journal 5 (2): 127-135.

Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J .K., Milford, G. F. J., Andersen M. N., and Thage J. H. 1996. Glucosinolate, oil and protein contents of field -grown rape affected by soil drying and evaporative demands. Field Crops Research 47: 93-105.

Jongrungklang, N., Toomsan, B., Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote, K. J., Hoogenboom, G., and Patanothai, A. 2013. Drought tolerance mechanisms for yield responses to pre-flowering drought stress of peanut genotypes with different drought tolerant levels. Field Crops Research 144: 34-42.

Niknam, S. R., Ma, Q., and Turner, W. 2003. Osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes in a water-limited environmental in south-western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 43(9): 1127-1135.

Rashidi, S., Shirani Rad, A. H., Ayene Band, A., Javidfar, F., and Lak, S. 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*B. napus* L.). Annals of Biological Research 3(1): 564-569.

Robertson, M. J., Holland, J. F., and Bambach, R. 2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 44(1): 43-52.

Salemi, H. R., and Afuni, D. 2005. Effect of deficit irrigation treatments on yield and yield components of new wheat cultivar. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(3): 11-20 (in Persian).

Seckler, D., Molden, D., and Sakthivadivel, R. 2002. The concept of efficiency in water resource management and policy. In water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement. Ed. Kijne JW. Wallingford. UK. CABI.

Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola

(*B. napus* L.) American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 2(4): 417-422.

Turral, H., Cook, S., and Gichuki, F. 2006. Water productivity assessment: Measuring and mapping methodologies. Basin Focal Project. Working Paper. No. 2. Challenge Program on Water and Food.

Valdiani, A. R., Tajbakhsh, M., and Zardashtee, M. R. 2003. Study of agronomic and productivity characters of oilseed rape cultivars at Urmia. Electronic Journal of Crop Production 14: 31-43 (in Persian).